

Aus dem Institut für Mineralogie der Freien Universität Berlin
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. A. Willgallis

KRITISCHER VERGLEICH DER ANALYSENMETHODEN
DER HARNWEGSKONKREMENTE UNTER BESONDERER
BERÜCKSICHTIGUNG DER KRISTALLOPTISCHEN
UND RÖNTGENOGRAPHISCHEN VERFAHREN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Siegfried Wagner
aus
Brandenburg (Havel)

1973

Referent: Professor Dr. W. Brosig

Korreferent: Professor Dr. H.-J. Dulce

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 23. III. 1973

Aus dem Institut für Mineralogie der Freien Universität Berlin
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. A. Willgallis

KRITISCHER VERGLEICH DER ANALYSENMETHODEN
DER HARNWEGSKONKREMENTE UNTER BESONDERER
BERÜCKSICHTIGUNG DER KRISTALLOPTISCHEN
UND RÖNTGENOGRAPHISCHEN VERFAHREN

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Siegfried Wagner

aus

Brandenburg (Havel)



Referent: Professor Dr. W. Brosig

Korreferent: Professor Dr. H.-J. Dulce

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 23. III. 1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543105_0017

Inhaltsverzeichnis

1.0	<u>Problemstellung</u>
2.0	<u>Theoretischer Teil</u> - Kritischer Überblick über bekannte Analysenmethoden für Nierensteine
2.1	<u>Anforderungen an Analysenmethoden</u>
2.2	<u>Naßchemische Analyse</u>
2.2.1	Mikrochemische Analyse durch Umkristallisation
2.3	<u>Kristalloptische Methoden</u>
2.4	<u>Röntgenbeugungsmethoden</u>
2.5	<u>Infrarotabsorptionsspektroskopie</u>
2.6	<u>Differentialthermoanalyse</u>
2.7	<u>Schlußfolgerungen</u>
3.0	<u>Experimenteller Teil</u>
3.1	<u>Untersuchungsmaterial</u>
3.2	<u>Probenpräparation und Dünnschliffertigung</u>
3.3	<u>Praktische Durchführung der Untersuchungen am Polarisations-Mikroskop</u>
3.4	<u>Aufnahme und Auswertung der Röntgen-Diffraktometer-Diagramme</u>
3.5	<u>Beschreibung der typischen Stein-Mineralie</u>
3.5.1	Whewellit
3.5.2	Weddellit
3.5.3.1	Struvit
3.5.3.2	Newberyit
3.5.4	Harnsäure
3.5.5.1	Apatit
3.5.5.2	Brushit
3.6	<u>Schlußfolgerungen</u>
3.6.1	Vergleich der Leistungsfähigkeit der angewendeten Untersuchungsmethoden
3.6.2	Statistische Angaben
3.6.3	Folgerungen für die Anwendung in Fachpraxis und wissenschaftlichen Reihenuntersuchungen
4.0	<u>Zusammenfassung</u>
5.0	Anhang: Untersuchungsergebnisse; tabellarische Zusammenstellung
6.0	<u>Literaturverzeichnis</u>

1.0 Problemstellung

Die Konkremeute der ableitenden Harnwege sind pathogene, polykristalline Biokristallisate. Je nach Lokalisation der Konkremeute unterscheidet man Nierenbeckensteine, Uret. ersteine und Blasensteine. Als kristalline Bestandteile treten auf verschiedene Calcium- und Magnesium-Phosphate, Calciumoxalate, Harnsäure und einige ihrer Salze sowie in seltenen Fällen Cystin und Xanthin. Die Tabelle I zeigt in einer Übersicht diese kristallinen Bestandteile, ihre Mineralnamen und ihre kristalloptischen Kenndaten.

Der Intergranularfilm der Konkremeute wird von wasserunlöslichen, organischen Substanzen gebildet. Im wesentlichen handelt es sich dabei um eine Mucoprotein-Matrix, die jedoch zuweilen Zellreste bzw. Blutkörperchen einschließt.

Aufbau und Zusammensetzung der organischen Steinmatrix wurde u.a. eingehend von BOYCE und Mitarbeitern untersucht.

Eine möglichst genaue Kenntnis der Zusammensetzung der Harnkonkremente ist Voraussetzung für die Rezidivprophylaxe bzw. für die medikamentöse Steinbehandlung, aber auch für weitere eingehende Untersuchungen zur Ätiologie der Konkrementbildung.

Zum Problem der Nierensteinanalyse liegen zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen vor. Neben der naßchemischen Analyse wurden dabei auch physikalisch-chemische Methoden angewandt, die über kristallgeometrische bzw. kristalloptische Eigenschaften die kristallinen Konkrementbestandteile identifizieren. Auch die Ermittlung der Zersetzungstemperaturen der verschiedenen Verbindungen (Differentialthermoanalyse, DTA) und die typischen Schwingungsfrequenzen der Anionen im Kristallgitter

Tabelle I: Brechungsindices der konkrementbildenden Minerale

Substanz	Mineralname	Formel	Brechungsindices		
			n_x	n_y	n_z
Calciumoxalat-Monohydrat	Whewellit	$\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1,491	1,555	1,650
Calciumoxalat-Dihydrat	Weddellit	$\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,523	1,544	
Magnesiumammonium-phosphat-Hexahydrat	Struvit	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1,495	1,496	1,504
Magnesiumhydrogen-phosphat-Dihydrat	Newberyit	$\text{MgHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,514	1,518	1,533
Hydroxyl- bzw. Carbonatapatit	Apatit	$\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]_{\text{bzw.}} \text{Ca}_5[\text{CO}_3(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_2]$	n schwankt zwischen 1,55 und 1,61		
tertiäres Calcium-phosphat	Whitlockit	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,629	1,626	
Calciumhydrogen-phosphat-Dihydrat	Brushit	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,539	1,545	1,551
Harnsäure	-	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$	1,588	1,739	1,893
Harnsäure-Dihydrat	-	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,508	1,691	1,728
Saures Ammoniumnitrat	-	$\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3\text{NH}_4$	1,69	1,71	
Cystin	-	$(-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CHNH}_2-\text{COOH})_2$	1,7	1,64	
Xanthin	-	$\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$	nicht bestimmt		

(Nach SUTOR und SCHEIDT)

(Infrarotabsorptionsspektrographie) wurden zur Charakterisierung und zur quantitativen Analyse von Nierensteinen herangezogen.

In der vorliegenden Arbeit sollten erstens die bekannten Analysenmethoden kritisch in bezug auf ihre Vor- und Nachteile für systematische wissenschaftliche Untersuchungen im klinischen Bereich, aber auch in bezug auf ihre Anwendungsmöglichkeit in der urologischen Praxis untersucht werden (theoretischer Teil). Zweitens sollten mit mehreren ausgewählten und als besonders geeignet befundenen Methoden etwa 100 Nierensteine bzw. Uret~~er~~ersteine untersucht werden. Dabei sollte die Zuverlässigkeit bzw. die Nachweisgrenze der Methoden verglichen werden. Außerdem war zu prüfen, welche zeitlichen, finanziellen und personellen Probleme bei einer kontinuierlichen Anwendung dieser Methoden im klinischen Bereich bzw. in einer Fachpraxis auftreten würden (praktischer Teil).

2.0 Theoretischer Teil

Kritischer Überblick über bekannte Analysenmethoden für Harnkonkremente

Bei allen folgenden Überlegungen wurden alle Methoden zur Ermittlung von Art und Aufbau der organischen Steinmatrix bewußt von der Betrachtung ausgeschlossen. Es werden nur solche Verfahren besprochen, die der qualitativen oder quantitativen Charakterisierung der kristallinen Steinbestandteile dienen.

2.1 Anforderungen an Analysenmethoden

Primär ist die Frage zu stellen, welchen Anforderungen im Idealfalle eine Analysenmethode zu genügen habe. Hier ist zu beachten, daß Nierensteine häufig einen Schalenaufbau zeigen, d.h. der Stein zeigt im Schnitt

einen konzentrischen Aufbau, oft mit Kristallitnestern im Kern oder in randlichen Bereichen. Der konzentrische Aufbau kann durch Wechselablagerung von einem Steinmineral mit organischer Matrix, aber auch durch die abwechselnde Ablagerung verschiedener Steinminerale bedingt sein. Zuweilen besteht ein Stein äußerlich aus einem völlig anderem Material als im Inneren. Da solche Variationen wichtige ätiologische und damit diagnostische Schlüsse erlauben, sollte die Steinuntersuchung Aussagen über den Schalenaufbau des Konkrementes erlauben.

Von besonderem diagnostischem Interesse sind zuweilen mit der Schlinge entfernte Uret-ersteine und spontan abgegangene Steine. Solche Steine sind aber häufig sehr klein, die Masse beträgt oft nur wenige Milligramm. Die Empfindlichkeit bzw. der Massenbedarf der Methode sollte auch in solchen Fällen noch eine zuverlässige Analyse gestatten.

Weiter sollte für Forschungsvorhaben die Methode zur qualitativen und halbquantitativen Bestimmung der in Tabelle I aufgeführten Steinminerale führen. Im klinischen Betrieb und in der Fachpraxis erscheint eine Gruppeneinordnung der Minerale nach dem Schema: Calciumoxalate - Calciumphosphate - Struvit-Harnsäure als ausreichend. Eine Nachweisgrenze von etwa 5 Volumenprozent für eine Mineralgruppe oder ein Mineral sollte erreichbar sein. Zu berücksichtigen wäre schließlich noch der zeitliche, personelle und finanzielle Aufwand der Analysenmethode.

Die tatsächliche Arbeitszeit bei Serienanalysen sollte etwa 30 Minuten nicht erheblich überschreiten, die Analyse muß von einer entsprechend eingearbeiteten medizinisch-technischen Assistentin ausgeführt werden können. Optimal wären daneben natürlich möglichst niedrige Investitionskosten für die Analysenapparatur.

2.2 Naßchemische Analyse

Allen diesen Methoden ist gemeinsam, daß der Stein eventuell nach Veraschung gelöst wird. In der erhaltenen Lösung werden die Kationen und Anionen bestimmt. Der rein qualitative Nachweis, z.B. nach dem ULTZMANN-Schema bzw. nach neueren Methoden (z.B. MERCK Klinisches Labor, 11. Auflage p. 374), führt leicht zu Fehlschlüssen und wird von fast allen Autoren abgelehnt (PRIEN u. FRONDEL 1947, SCHNEIDER 1970). Die quantitative Bestimmung von Ca, Mg, Ammonium, Oxalat, Phosphat, Urat sowie in einigen Fällen des Ascheanteils der Alkalien und von Spurenelementen ist in den letzten Jahren von SCHNEIDER 1969 und von MAURER u. Mitarbeitern 1971 zur klinischen Routinemethode verbessert und ausgebaut worden. Durch anschließende stöchiometrische Umrechnungen ist eine gegenüber der rein qualitativen Analyse erheblich verbesserte Charakterisierung der Steine möglich. Da jedoch im Whitlockit und im Apatit ein Teil des Ca durch Mg und andere Ionen diadoch ersetzt werden kann (KEPLER 1965), führen solche Berechnungen nicht zu eindeutigen und zweifelsfreien Ergebnissen. So kann beispielsweise ein gefundener Magnesiumgehalt folgenden Steinmineralen entstammen: Struvit oder Newberyt oder Apatit (als partieller diadocher Ersatz des Ca). Ebenso ist es stets unsicher, inwieweit NH_4 als Struvit oder als saures Ammoniumurat vorliegt.

Die quantitative Analyse ist praktisch nur als Serienanalyse in gut ausgestatteten Universitätskliniken mit erheblichem Personal- und Zeitaufwand durchzuführen.

2.2.1 Mikrochemische Analyse durch Umkristallisation

Eine originelle Variante der naßchemischen Analysenverfahren wurde durch MARSCEK und BURCHARDT 1971 an der Urologischen Universitätsklinik Hamburg ausgearbeitet.

Durch mikroskopische Beobachtung der Kristallisation einer wässrigen bzw. salzsäuren Lösung des Steinpulvers und anschließende Mikroreaktionen mit NH_4OH bzw. Schwefelsäure auf einem Objektträger läßt sich schnell, billig und mit geringen Probenmengen der Hauptbestandteil des Steines ermitteln.

Alle naßchemischen Methoden haben folgende Nachteile: Whewellit und Weddellit sind nicht zu unterscheiden. Größere Mengen von nichtkristallinen organischen Anteilen stören die Analyse erheblich. Brushit, Whitlockit und Newberyit lassen sich nicht oder nur unsicher erfassen.

2.3 Kristalloptische Methoden

Diese Methoden basieren auf der Bestimmung der kristalloptischen Kenndaten. Im Pulverpräparat lassen sich Brechungsindex, Doppelbrechung, optischer Charakter, Auslöschungsschiefe und Kristallform ermitteln. Erforderlich sind ein Polarisationsmikroskop und ein Satz Brechungsflüssigkeiten. Bei der Untersuchung von Dünnschliffen von etwa 20 μ Dicke läßt sich daneben auch die Wachstumsgeschichte des Konkrementes erkennen. Die kristalloptische Methode wurde erstmalig von KEYSER und NAKANO unabhängig voneinander 1923 zur Konkrementuntersuchung benutzt. Dünnschliffuntersuchungen wurden zuerst von RANDALL 1942 durchgeführt. Eingehend ausgearbeitet und intensiv angewendet wurde die optische Untersuchung von Harnsteinen durch PRIEN in den Jahren 1941 bis 1963. PRIEN untersuchte mit Hilfe der optischen Pulvermethode in dieser Zeit etwa 25.000 Steine. Die positiven Erfahrungen von PRIEN wurden durch GASSER 1956 und durch SORGER und BAUSCH 1971 bestätigt. Nach SZABO 1967 soll die Untersuchung auch mit einem normalen Labormikroskop durchführbar sein, in diesem Fall muß aber wohl eine sehr große Erfahrung des Beobachters vorausgesetzt werden.

Tabellarische Zusammenstellungen der optischen Konstanten von Nierensteinmineralen finden sich bei PRIEN und FRONDEL 1947 sowie SUTOR und SCHEIDT 1968. Die SUTOR-SCHEIDT'sche Tabelle berücksichtigt auch neuere Bestimmungen optischer Daten (RINGERTZ 1965).

Die optische Untersuchung von Pulverpräparaten ist schnell (ca. 15 Minuten), sicher und sehr empfindlich. Noch 1 Vol% eines Minerals neben anderen lassen sich nachweisen. Mit geringer Übung läßt sich eine Mengenabschätzung der einzelnen kristallinen Steinbestandteile vornehmen. Da sehr geringe Substanzmengen erforderlich sind (1,0 mg und weniger), können Kern und Rinde eines Steinbruchstückes gesondert analysiert und in ihrer Zusammensetzung unterschieden werden.

Eine Erweiterung der Aussage wird durch die zusätzliche Untersuchung von Dünnschliffen zu erwarten sein. Leider erfordert die Anfertigung von Dünnschliffen sehr viel Erfahrung, Zeit und spezielles Gerät. Anschliffuntersuchungen wurden bereits 1895 von ORD und SHATTOCK ausgeführt. Sie erscheinen nur sinnvoll bei relativ großen Steinen in Verbindung mit gezielt entnommenen Pulverpräparaten.

2.4 Röntgenbeugungsmethoden

Bei diesen Verfahren wird die polykristalline Probe mit einem monochromatischen Röntgenstrahlbündel behandelt. Bei der Wechselwirkung dieses Primärstrahles mit den Gitterbausteinen der Kristallite tritt infolge von Interferenzerscheinungen eine Abbeugung auf. Die abgebeugten Sekundärstrahlen werden in geeigneter Weise auf Film oder mit einem Zählrohr registriert. Die Abbeugungsbedingungen werden durch die BRAGG'sche Gleichung beschrieben:

$$n \cdot \lambda = 2 d \sin \vartheta$$

λ = Wellenlänge der Primärstrahlung in Å (10^{-8} cm)

n = Ordnung der Interferenz, d.h. eine ganze kleine Zahl

ϑ = Winkel zwischen Primärstrahl und Netzebene d

d = Abstand derjenigen identischen Netzebenen im Kristall, die den jeweiligen Sekundärstrahl verursacht haben, Maßeinheit in Å (10^{-8} cm).

Aus geometrischen Gründen ist der Winkel zwischen Sekundärstrahl und der Richtung des Primärstrahles stets gleich 2ϑ . Bei bekannter und konstanter Wellenlänge läßt sich aus den gemessenen ϑ -Werten die Größe d/n errechnen bzw. aus Tabellen ablesen. Dieser Wert d/n wird als röntgenographischer d -Wert bezeichnet. Zusätzlich wird bei jedem Sekundärstrahl über die Filmschwärzung oder die Impulsrate die Intensität des Sekundärstrahles gemessen oder geschätzt. Jede Kristallart, also auch jedes Steinmineral, liefert so eine Reihe von d -Werten plus zugehörigen relativen Intensitäten. Diese Abfolge ist für die jeweilige Kristallart charakteristisch. Bei Kristallitgrößen von $0,1/\mu$ (1000 Å) und kleiner werden die Interferenzlinien stark verbreitert und verschwinden schließlich ganz. Spezielle röntgenographische Verfahren (Kleinwinkelbeugung) gestatten in solchen Fällen die Bestimmung der mittleren Kristallitgröße.

Drei verschiedene Röntgenmethoden wurden zur Untersuchung von Harnkonkrementen verwendet. Bei der sogenannten Debye-Scherrer-Methode befindet sich die Probe in einer Glaskapillare in der Achse eines Metallzylinders. Der Film liegt diesem Zylinder innen an, der Primärstrahl tritt durch eine Blende senkrecht zur Zylinderachse ein. Die d -Werte werden durch Vermessung der Abstände der Interferenzlinien auf dem Film bestimmt. Die Probenmenge ist mit $0,1$ bis 1 mg sehr gering.

Diese Methode wurde erstmalig von SAUPE 1931 zur Identifizierung von Nierensteinen benutzt und von JENSEN 1938 bis 1941 intensiv erprobt. PRIEN und FRONDEL 1947 benutzten es zur Kontrolle ihrer optischen Bestimmungen. In neuerer Zeit wurde das Verfahren von SCHNEIDER 1970 für Serienbestimmungen angewandt.

Erhebliche Verbesserungen in bezug auf die Nachweisgenauigkeit bei polymineralischen Steinen bringt das sogenannte Diffraktometer-Verfahren. Hier wird ein flaches Pulverpreßpräparat langsam im Primärstrahl gedreht, mit der doppelten Geschwindigkeit wird ein Zählrohr um die gleiche Achse bewegt. Der Winkel zwischen Präparatoberfläche und Primärstrahl ist gleich 2ϑ . Über eine zwischengeschaltete Elektronik wird auf einem Schreiber die Intensität der abgelenkten Strahlung in Abhängigkeit von ϑ registriert. Über die Anwendung dieses Verfahrens zur Nierensteinanalyse berichtete erstmalig LAGERGREN 1956, die Methode soll in den USA, England und Schweden vielfach als Routinemethode benutzt werden.

Eine weitere Verbesserung der Nachweisgenauigkeit wurde von Katherine LONSDALE und ihren Mitarbeiterinnen SUTOR und SCHEIDT 1966 - 1969 mit dem Guinier-Verfahren erreicht, das mit streng monochromatischer Strahlung arbeitet. Weitere Kennzeichen der Methode sind flächenförmige Präparatanordnung (Probenmasse ca. 5-100 mg), fokussierender Strahlengang, Filmregistrierung und lange Belichtungszeiten von einigen Stunden.

Alle diese Röntgenmethoden arbeiten zerstörungsfrei, die Probe steht also anschließend für andere Analyseverfahren oder Kontrollbestimmungen zur Verfügung. Röntgen-Diffraktometer-Diagramme und Guinier-Aufnahmen können auch quantitativ ausgewertet werden.

2.5 Infrarotabsorptionsspektroskopie

Das Verfahren beruht auf der Messung der Absorptionsbanden der Untersuchungssubstanz im Wellenlängenbereich von etwa 1 bis 16 Mikron. Die Absorptionsbanden sind auf die Anregung von Molekülschwindungen in den Anionen durch das eingestrahlte IR-Licht zurückzuführen. Auf diese Weise können die Anionen Oxalat, tertiäres Phosphat, sekundäres Phosphat, Urat sowie Cystin und Xanthin qualitativ und zum Teil auch quantitativ bestimmt werden. Auch die CO_3 -Ionen des Karbonatapatits sind leicht erkennbar. Nicht zu unterscheiden sind Wewellit und Weddellit sowie Whitlockit und Hydroxylapatit. Nach SÜCKER ist auch der Nachweis von Struvit neben Karbonatapatit schwierig.

Der Materialbedarf ist sehr gering, etwa 1 mg Substanz wird mit Kaliumbromid vermahlen und zu einer Tablette gepreßt. Die Aufnahmedauer beträgt etwa 15 bis 30 Minuten, entsprechende Geräte kosten je nach Ausstattung zwischen 25.000,-- und 100.000,-- DM. Über Erfahrungen mit dieser Methode berichteten BEISCHER 1955, YEAN-CHIN-TSAY 1961, SÜCKER 1962 sowie OTTO und IHMANN 1967.

2.6 Differentialthermoanalyse

Von BERÉNYI, LIPTAY und BABIES 1967 wurden verschiedene pathogene Konkremente mit der Differential-Thermo-Analyse (DTA) untersucht. Bei diesem Verfahren wird eine kleine Probenmenge (10-500 mg) kontinuierlich in einem Ofen bis etwa 1000°C aufgeheizt. Registriert wird die Gewichtsänderung der Probe und die Temperaturdifferenz zwischen der Probe und einer unmittelbar daneben im Ofen angeordneten innerten Substanz in Abhängigkeit von der Ofentemperatur. Auf diese Weise läßt sich feststellen, bei welchen Temperaturen in der Probe Wärme erzeugende oder Wärme verbrauchende Reaktionen ablaufen. Solche

Zersetzungs- und Umlagerungstemperaturen (Wasserabgabe, Oxydation, Ammoniakabgabe, Rekristallisationen) sind typisch für bestimmte chemische Verbindungen.

Leider geben Apatit und Whitlockit unter diesen Bedingungen überhaupt keinen Effekt, Struvit und Newberyit lassen sich nicht unterscheiden. Bei polymineralischen Steinen können Überlagerungen der thermischen Effekte der einzelnen Komponenten die Interpretation der Meßdaten sehr erschweren. Aus der Gewichtsänderung läßt sich die Menge der nachweisbaren Substanzen errechnen.

Die notwendige Apparatur ist teuer und sehr störanfällig (Preis zwischen 30.000,-- und 100.000,-- DM).

2.7 Schlußfolgerungen

Einen zusammenfassenden Überblick über die vorstehend geschilderten Analysemethoden für Harnwegskonkremente erlaubt die Tabelle II. Die für Praxis und klinischen Routinebetrieb notwendigen Gruppeneinteilungen (: Ca-Oxalate/Ca-Phosphate/Struvit/Harnsäure) gestatten im Prinzip alle Analysemethoden. Für wissenschaftliche Untersuchungen ist die eindeutige Mineral-Charakterisierung notwendig, sie wird nur durch die kristalloptischen Verfahren und die Röntgen-Methoden erreicht. Dabei sind die Vorzüge der kristalloptischen Pulveruntersuchung offensichtlich: Schnelligkeit, sehr kleine Probenmasse, relativ niedrige Investitionskosten. Notwendig sind allerdings einige Grundkenntnisse der Kristalloptik sowie eine gewisse Einarbeitung und Erfahrung.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurden im experimentellen Teil dieser Arbeit 100 Nierensteine mit dieser Methode untersucht, das gleiche Untersuchungsmaterial wurde außerdem mittels Dünnschliff-Untersuchung und mit dem Röntgen-Diffraktometer-Verfahren analysiert. Ein

Tabelle II: Überblick über Analysenmethoden für Nierensteine

Analysenmethode	Notwendige Probenmasse	Gruppeneinteilung möglich	Mineralerkennung eindeutig möglich	Quantitative Auswertung möglich	Gesamtzeitbedarf	Arbeitszeitbedarf bei Serienanalysen	Notwendige Investitionskosten
Naßchemische Analyse	5-200 mg	ja	nein	ja	mehrere Stunden	ca. 30 min.	1.)
Mikrokristallisation nach Warsceck und Burchard	10-50 mg	ja	nein	bedingt	ca. 15 min.	ca. 15 min.	keine
Kristalloptische Pulvermethode	bis zu 1 mg	ja	ja	ja	ca. 15 min.	ca. 15 min.	2.000,-- bis 7.000,-- DM
Dünnschliffuntersuchung	ab ca. 20 mg.	ja	ja	bedingt	ca. 15 min. 15 min. 2.)	ca. 15 min.	2.000,-- bis 7.000,-- DM
Debye-Scherrer-Methode	ca. 1 mg	ja	ja	nein	mehrere Stunden	ca. 30 min.	ab 20.000,-- DM
Röntgendiffraktometer	5-100 mg	ja	ja	ja	ca. 2 Stunden	ca. 30 min.	ab 50.000,-- DM
Guinier-Verfahren	5-100 mg	ja	ja	ja	mehrere Stunden	ca. 40 min.	ab 32.000,-- DM
IR-Absorptionsspektrometrie	ca. 1 mg	ja	nein	ja	ca. 30 min.	ca. 30 min.	ab 25.000,-- DM
Differentialthermoanalyse	10-500 mg	ja	nein	ja	mehrere Stunden	ca. 1 Stunde	ab 30.000,-- DM

1.) Die benötigten Geräte sind in gut ausgerüsteten Kliniken im Labor meist vorhanden (Fotometer, Flammenfotometer u.ä.)

2.) Nicht berücksichtigt ist die Zeit für die Herstellung des Dünnschliffs.

Vergleich dieser drei Verfahren an einem größeren Untersuchungsmaterial ist bislang nicht publiziert. PRIEN und FRONDEL benutzten neben der polarisations-optischen Pulveruntersuchung das Debye-Scherrer-Verfahren, untersuchten jedoch nicht methodisch Dünnschliffe. SORGER und BAUSCH (1971) bestimmten 482 Konkremente kristalloptisch, Dünnschliffe wurden von ihnen nur von größeren Steinen gefertigt, die röntgenographische Analyse nur in einzelnen Fällen angewandt. Ihre Ergebnisse der Dünnschliffuntersuchung sind noch nicht publiziert.

3.0 Experimenteller Teil

3.1 Untersuchungsmaterial

Es wurden 100 Steine untersucht, die sämtlich im Zeitraum vom 5.11.1969 bis 25.2.1972 im Städtischen Krankenhaus Neukölln operativ oder mit der Schlinge entfernt wurden. Alle zur Verfügung gestellten Steine wurden analysiert, unabhängig von Geschlecht, Alter und Krankengeschichte des Patienten und von der Art des Konkrements. Eine gezielte Auswahl des Untersuchungsmaterials wurde bewußt vermieden, da das Ziel der Untersuchung ein Vergleich der Leistungsfähigkeit der röntgenographischen und optischen Analysenmethoden war. Bewußt eliminiert wurden daher nur solche Steine, bei denen aufgrund der geringen Masse die Anfertigung eines Dünnschliffes nicht möglich war. Der kleinste untersuchte Stein wog 0,014 g, das Gewicht des größten Steines betrug 46,6 g.

3.2 Probenpräparation und Dünnschliffertigung

Die Steine wurden gründlich mit dest. Wasser gespült, nacheinander kurz in Methanol und Aceton getaucht, 15 Minuten an der Luft getrocknet und in luftdicht ver-

schlossenen Gefäßen aufbewahrt. Nach Teilung der Steine mit einer Stahlklinge, teilweise mit einer Diamanttrennscheibe, wurde ein Teil von Hand in einem Achatmörser fein gepulvert. Die so gewonnenen Pulver wurden unmittelbar für die röntgenographischen und optischen Untersuchungen verwendet. Der andere Teil des Steines wurde zur Dünnschliff-Herstellung gebraucht. Sämtliche Dünnschliffe wurden freundlicherweise vom Präparator des Instituts für Mineralogie der Freien Universität Berlin, Herrn Gerd Merz, angefertigt. Dazu wurde das Konkrement im Vakuum in Gießharz eingebettet, hieraus eine ca. 1 mm starke Scheibe mit einer Diamantsäge herausgeschnitten, einseitig poliert und auf einen planparallelgeschliffenen Objektträger aufgeklebt. Anschließend wurde dieses Segment auf eine Dicke von ca. 25 μ abgeschliffen. Für den Grobschliff wurde eine Flächenschleifmaschine mit bronzegebundenen Diamantschleiftopf benutzt, der Feinschliff wurde von Hand auf einer Glasplatte mit Karborundum als Schleifmittel vorgenommen.

3.3 Praktische Durchführung der Untersuchungen am Polarisationsmikroskop

Es wurde ein Zeiß-Mikroskop GFL Standard mit zusätzlichem Kreutztisch verwendet. Das Steinpulver wurde zwischen Objektträger und Deckglas in Salicylsäuremethylester eingebettet und bei 32-facher bzw. 125-facher Vergrößerung sowohl bei gekreuzten wie parallelen Polarisationsfiltern systematisch durchgemustert. Aus Korngröße, Bruchform und Auslöschungsschiefe¹⁾ lassen sich erste Schlüsse auf die vorliegenden Steinminerale erhalten.

1) Zur theoretischen Grundlage der kristalloptischen Bestimmung siehe: W. Kleber "Einführung in die Kristallographie" 11. Auflage VEB Verlag Technik S. 282-316.

Typische Korn- und Bruchformen von Weddellit, Struvit und Whewellit sind in den Abb. 1, 4, 7 und 9 zeichnerisch dargestellt. Anschließend werden einzelne für das Präparat typische Körner durch Drehen des Objektisches in Auslöschungsstellung gebracht und dann nach Ausklappen des Analysators durch Beobachtung der Beckeschen Lichtlinie bestimmt, ob der Brechungsindex größer oder kleiner als 1,534 ist. Diese Operation wird nach Drehung des Präparates um 90° wiederholt. Durch anschließende Wiederholung dieser Messung unter Verwendung von Einbettungsflüssigkeiten mit höheren oder niedrigeren Brechungsindices können so die Brechungsindices der Mineralkörner festgelegt werden. Aus der Interferenzfarbe und der Dicke des Kristallkornes kann die Größe der Doppelbrechung abgeschätzt werden. Optisch isotrope Minerale erscheinen bei eingeschobenem Analysator schwarz oder zeigen bei extremer Feinkörnigkeit eine schwache sogenannte Aggregatpolarisation. Charakteristisch hierfür ist, daß die Korncluster auch beim beliebigen Drehen des Tisches stets leicht aufgehellt erscheinen. Dies ist etwa typisch für Apatit in Nierensteinen.

Die beschriebenen Operationen ergeben in relativ kurzer Zeit folgende Informationen:

- Optisch isotrop oder optisch anisotrop.
- Höchster beobachteter Brechungsindex, niedrigster beobachteter Brechungsindex.
- Hohe oder niedrige Doppelbrechung.
- Korngröße, Kornform bzw. Bruchform.

Bei größeren Kristallen (etwa größer 0,1 mm) mit deutlich polygonaler Begrenzung kann durch konoskopische Beobachtung entschieden werden, ob es sich um optisch einachsige oder zweiachsige Kristalle handelt.

Aufgrund dieser Informationen ist eine zweifelsfreie Identifizierung der Steinminerale möglich. Die Bestimmung des optischen Charakters ist fast immer nicht erforderlich. Ebenso kann meist auf die konoskopische Beobachtung verzichtet werden.

Bei der Beobachtung der Dünnschliffe ist eine Bestimmung der Brechungsindices nach der Einbettungsmethode wie oben beschrieben natürlich nicht möglich. Dagegen ist wegen der gleichmäßigen Schliffdicke die Abschätzung der Größe der Doppelbrechung aus der Interferenzfarbe weitaus besser möglich als im Körnerpräparat. Aufbau und Struktur des Konkrementes bleiben im Dünnschliff erhalten und sind schnell und klar erkennbar. Dies ist der entscheidende Vorteil gegenüber allen anderen Methoden. Informationen aufgrund von Kornform und Korngröße sind deshalb im Dünnschliff schneller erkennbar und meist sicherer im Vergleich zum Körnerpräparat. Auch die konoskopische Beobachtung ist leichter möglich. Da zur sicheren Identifizierung der Steinminerale jedoch die Kenntnis der Brechungsindices erforderlich ist, sollte auf die Anfertigung eines Körnerpräparates nie verzichtet werden.

3.4 Aufnahme und Auswertung der Röntgen-Diffraktometer-Diagramme

Zur röntgenographischen Untersuchung wurde ein Zählrohr-Goniometer PW 1050 der Fa. Philips in Verbindung mit einem Röntgengenerator Mikro 111 verwendet. Die Registrierung erfolgte über einen Proportionalzähler mit nachgeschaltetem Diskriminator. Es wurden folgende Aufnahmebedingungen eingehalten: $\text{Cu}_{K\alpha}$ -Strahlung, Ni-Filter, 38 KV, 20 mA, Zählrohrgeschw. $1^\circ/\text{min}$, Zeitkonstante 4 sec, Schreibervollausschlag 1×10^3 Imp./sec, Papiervorschub 1200 mm/h, 2 $\frac{1}{2}$ Registrierung von 5° bis 60° .

Als Präparatsträger dienten Aluminiumbleche 38x38x2 mm, in die Vertiefungen mit den Dimensionen 11x12x0,33 mm bzw. 10x10x0,13 mm bzw. 6x6x0,13 mm eingefräst waren. Diese Maße entsprechen Probevolumina von 44 bzw. 13 und 4,5 mm³. Auf diese Weise war es möglich, noch sehr geringe Probemengen zu untersuchen. Das Pulver wurde ohne Bindemittel eingefüllt und mit einer Glasplatte von Hand eingepreßt.

Von allen Interferenzen wurde der 2ψ -Wert vermessen, die relative Intensität wurde entsprechend dem Produkt von Pikhöhe mal Halbwertsbreite geschätzt. Diese Meßwerte und der hieraus mit Hilfe von Tabellen errechnete d-Wert wurde für jede Probe in ein Formular übertragen. Schließlich wurden die d-Werte durch Vergleich mit den Tabellen der d-Werte konkrementbildender Minerale nach SUTOR und SCHEIDT entsprechenden Mineralen zugeordnet. In vielen Fällen, insbesondere natürlich bei monomineralischen Steinen, hätte auch ein unmittelbarer Vergleich des Originaldiagrammes mit Standard-Diagrammen zu einer einwandfreien Identifizierung geführt.

3.5 Beschreibung der typischen Stein-Mineralie

Die einzelnen konkrementbildenden Minerale werden im folgenden besprochen. Die optischen Eigenschaften, Vorkommen, Häufigkeit des Auftretens in der vorliegenden Untersuchung und ihr charakteristisches Erscheinungsbild in Dünnschliff und Körnerpräparat werden beschrieben.

- 3.5.1 Whewellit $\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Calciumoxalat-Monohydrat tritt nie rein auf und ist fast immer mit Weddellit vergesellschaftet. Im Schliffbild zeigen überwiegend von Whewellit gebildete Steine einen Aufbau aus "Jahresringen", ähnlich reinen Harnsäuresteinen. Typisch sind Bruchkanten mit lamellarem Aufbau. Nicht selten sind die

Kristalle sehr klein und in Nestern angeordnet, die von organischem Material oder Weddellit umgeben sind. Häufig findet man auf größeren Weddellit-Kristallen kleinere Whewellit-Kristalle aufgelagert, jedoch nie den umgekehrten Fall.

Im Körnerpräparat imponiert Whewellit als meist rein gewachsener Kristall; gut erkennbar an geraden lamellaren Bruchkanten (Zeichnung siehe Abb. 1) und der hohen Doppelbrechung mit entsprechend hohen Ordnungsfarben. Eine höhere Doppelbrechung hat unter den konkrementbildenden Mineralen nur Harnsäure.

Brechungsindices: $n_x = 1,491$; $n_y = 1,555$; $n_z = 1,650$.



Abb. 1: Typische Bruchstücke von Whewellit im Körnerpräparat (Zeichnung).

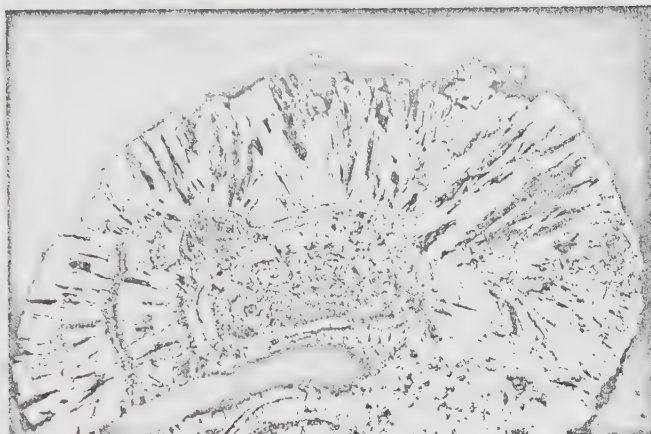


Abb. 2: Typischer Dünnschliff eines Whewellit-Steines.
Probe Nr. 54, halbgekreuzte Nicols, 18 x.
Zeiß-Ultraphot II.

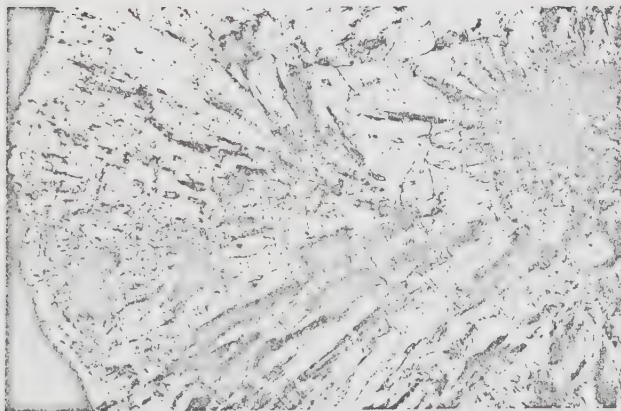


Abb. 3: Typischer Dünnschliff eines Whewellit-Steines.
Probe Nr. 54, halbgekreuzte Nicols, 40 x.
Zeiß-Ultraphot II.

3.5.2 Weddellit $\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Calciumoxalat-Dihydrat

findet sich fast immer gemeinsam mit Whewellit, dabei ist der Whewellit meist im Kern zu finden. Weddellit-Kristalle sind in der Regel größer als Whewellite oder andere Steinminerale. Häufig sind rhombenförmige Kristallschnitte; sie finden sich stets am Rande oxalatischer Nierensteine. Oft beobachtet man im Schliff sternförmige sehr große Kristalle bis zu 1 mm Länge, gewöhnlich einfarbig braun bis hellblau. Dadurch ist es möglich, konoskopische Beobachtungen vorzunehmen. In einem Falle wurden im Schliff büschelförmige Weddellitkristalle beobachtet, ganz ähnlich wie Struvit. Kleine Kristalle kommen in winzigen Mengen häufig in anderen Steinarten vor.

Im Körnerpräparat findet man im Gegensatz zum Dünnschliffbild nie reine Kristalle, meist ist organisches Material eingelagert. Schlechte Spaltbarkeit mit runden, unregelmäßigen Kanten charakterisiert die Mineralbruchstücke (siehe Zeichnung Abb. 4). Sie sind in der Gestalt leicht mit Struvit zu verwechseln, mit ähnlichen Ordnungsfarben, aber gut zu unterscheiden durch deutlich höhere Brechungsindices: $n_x = 1,523$; $n_y = 1,544$.



Abb. 4 a + b: Typische Bruchstücke von Weddellit im Körnerpräparat (Zeichnung)



Abb. 5: Typische Weddellit-Kristalle im Dünnschliff.
Probe Nr. 8, gekreuzte Nicols, 40 x.
Zeiß-Ultraphot II.

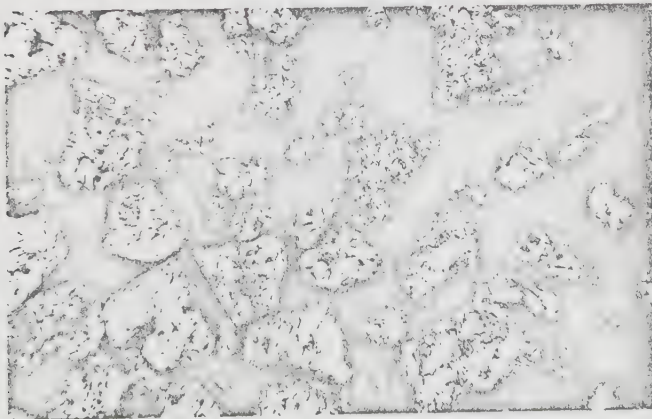


Abb. 6: Weddellit-Kristalle im Dünnschliff, atypische
Form (Struvit-ähnlich!). Probe Nr. 37, 100 x.
Gekreuzte Nicols. Zeiß-Ultraphot II.

3.5.3.1 Struvit, $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Magnesiumammoniumphosphat-Hexahydrat kommt nie rein vor, es ist immer mit organischem Material oder mit Apatit vergesellschaftet. Im Schliff sind besonders auffallend büschelförmige, zum Teil sehr kleine Kristalle von grauer bis brauner Farbe. Mitunter finden sich kleine Oxalatkristalle, die durch organisches Material oder Apatit von den Struviten getrennt sind. Nicht selten findet sich im Kern von Struvitsteinen Whewellit. Struvite treten als typische Infektsteine bei einem pH-Wert des Harns von 6 und höher auf.

Das Körnerpräparat erweist sich meist als sehr feinkörnig. Die Bruchstücke zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit Weddellit, feine Einlagerungen von organischem Material sind häufig. Das Mineral ist leicht zu erkennen an der niedrigen Doppelbrechung mit graubraunen Ordnungsfarben und den niedrigen Brechungsindices: $n_x = 1,495$; $n_y = 1,496$; $n_z = 1,504$.

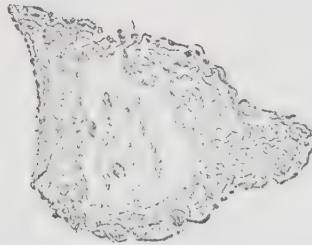


Abb. 7: Typische Bruchstücke von Struvit im Körnerpräparat (Zeichnung).



Abb. 8: Typischer Dünnschliff eines Struvit-Steines.
Probe Nr. 32. Halbgekreuzte Nicols. 40 x.
Zeiß-Ultraphot II.

3.5.3.2 Newberyit, $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Magnesiumhydrogenphosphat-Trihydrat wurde nur in drei Fällen gemeinsam mit den Oxalaten als Nebenbestandteil gefunden. In einem Stein trat Newberyit neben Struvit als Beimengung auf. Auffällig sind im Dünnschliff quaderförmige Kristalle mit roter, blauer oder grüner gleichmäßiger Farbe.

Im Körnerpräparat ist Newberyit von Struvit leicht durch die höheren Brechungsindices zu unterscheiden:
 $n_x = 1,514$; $n_y = 1,518$; $n_z = 1,533$.

3.5.4 Harnsäure, $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$
tritt häufig in Vergesellschaftung mit organischem Material und Oxalaten auf. Zentral ist dabei stets Harnsäure zu finden. Die Oxalate liegen nesterförmig

eingebettet oder als Kristallaggregate am Rande. Reine Harnsäuresteine zeigen meist einen lamellaren Aufbau mit sogenannten "Jahresringen". Im Schliffbild sind größere Kristalle gut erkennbar an der extrem hohen Doppelbrechung.

Im Körnerpräparat sind die Kristalle meist sehr klein, größere Kristalle sind oft unregelmäßig gebaut (Zeichnung Abb. 9), jedoch gut an der hohen Doppelbrechung zu erkennen: $n_x = 1,588$; $n_y = 1,739$; $n_z = 1,898$ (SUTOR und SCHEIDT).

Neben Harnsäure findet sich in wenigen Fällen das Harnsäure-Dihydrat in kleinen Kristallen, ebenfalls mit hoher Doppelbrechung: $n_x = 1,508$; $n_y = 1,691$; $n_z = 1,728$ (SUTOR und SCHEIDT).

Extrem selten tritt neben Harnsäure das saure Ammoniumurat auf. Das gleiche gilt für das saure Natriumurat, das im Rahmen dieser Arbeit nicht auftrat, aber in einem Falle im Praxis-Betrieb gefunden wurde.



Abb. 9: Typische Bruchstücke von Harnsäure im Körnerpräparat (Zeichnung)

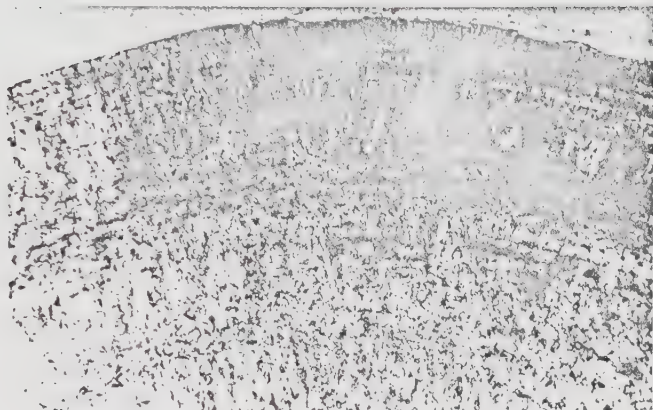


Abb. 10: Typischer Dünnschliff eines Harnsäuresteines. Charakteristischer konzentrischer Aufbau mit sog. "Jahresringen". Probe Nr. 15. 40 x. Hellfeldaufnahme mit Grünfilter. Zeiss-Ultraphot II.

3.5.5.1 Apatit, $\text{Ca}_5 (\text{OH}/(\text{PO}_4)_3)$ sog. Hydroxylapatit kommt in Nierensteinen meist gemeinsam mit dem isomorphen Karbonatapatit vor. Im Karbonatapatit ist eine PO_4 -Gruppe durch $\text{CO}_3 + \text{OH}$ ersetzt. Apatit ist in Harnwegskonkrementen stets extrem feinkörnig und erscheint daher sowohl im Dünnschliff als auch im Körnerpräparat isotrop und ist dann leicht mit colloidalem organischem Material zu verwechseln. Der Brechungsindex schwankt nach PRIEN und FRONDEL zwischen 1,55 und 1,61, eine genaue Bestimmung scheidet meist an der Feinkörnigkeit des Materials. Unter gekreuzten Polarisatoren wird Aggregatpolarisation beobachtet.

In zwei Fällen waren Apatit-Steine so feinkörnig, daß selbst im Röntgendiagramm nur noch wenige stark verschobene und verbreiterte Linien auftraten. Mit Hilfe von Röntgenkleinwinkelinterferenz-Aufnahmen wurde die mittlere Korngröße bestimmt. Es ergaben sich Werte von 47 bzw. 58 Å- ($1\text{Å} = 10^{-8}\text{ cm}$). Für die Anfertigung der Kleinwinkel-Aufnahmen sei Herrn Professor Dr. H. Bradaczek, Institut für Kristallographie der Freien Universität Berlin, an dieser Stelle herzlich gedankt.

Whitlockit, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ tertiäres Calciumphosphat läßt sich als Konkrementmineral optisch nicht von Apatit unterscheiden.

- 3.5.5.2 Brushit $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Calciumhydrogenphosphat-Dihydrat kommt relativ selten als Nebenbestandteil von Apatitsteinen vor. Die Kristalle sind büschelförmige Sphärolithe von grauer bis brauner Farbe. Von Struvit durch die höheren Brechungsindices zu unterscheiden:
 $n = 1,539$ bis $1,551$.

3.6 Schlußfolgerungen

- 3.6.1 Vergleich der Leistungsfähigkeit der angewendeten Untersuchungsmethoden.

In der Tabelle V (siehe Anhang) sind die Ergebnisse der röntgenographischen Untersuchung und der kristalloptischen Bestimmung anhand von Körnerpräparat und Dünnschliff aufgeführt. Außerdem enthält diese Tabelle Angaben über Herkunft und Gewicht der Steine.

Ein Vergleich zeigt in 57 % aller Fälle eine völlige Übereinstimmung der Ergebnisse der optischen und rönt-

genographischen Untersuchung. Die optische Untersuchung erwies sich in 41 % aller Fälle als überlegen, d.h. hier wurden im Körnerpräparat (20 %) oder im Körnerpräparat und im Dünnschliff (21 %) Steinminerale gefunden, die röntgenographisch nicht mehr nachweisbar waren.

Differenzen traten in zwei Fällen auf. Beim Stein Nr. 63 ergab die röntgenographische Analyse Whitlockit, optisch wurde wenig Weddellit neben viel isotropen Kristallen mit Aggregatpolarisation gefunden. Dies zeigt, daß Whitlockit optisch von Apatit nicht unterscheidbar ist.

Die röntgenographische Untersuchung des Steines Nr. 98 ergab: Harnsäure, Harnsäure-Dihydrat, Weddellit. Optisch wurde bestimmt: Whewellit, Weddellit neben extrem feinkörnigen Kristallen mit hoher Doppelbrechung. Hier lag der Fall vor, daß eine Substanz wegen extremer Feinkörnigkeit optisch nicht mehr eindeutig bestimmbar war.

Als Facit ergibt sich: Die kristalloptische Methode ist der röntgenographischen Analyse aufgrund ihrer Empfindlichkeit erheblich überlegen. Sie hat jedoch zwei Nachteile:

1. Sie versagt in seltenen Fällen bei extrem feinkörnigen Kristallen.
2. Eine Unterscheidung zwischen Whitlockit und Apatit ist meist nur röntgenographisch möglich.

3.6.2 Statistische Angaben

Einen Überblick über die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Steinminerale in dieser Untersuchung gibt Tabelle III. In Übereinstimmung mit allen bekannten Statistiken zeigt sich, daß Calciumoxalate die häufigsten steinbildenden Substanzen sind (LONSDALE 1968). Mit ab-

nehmender Häufigkeit folgen Struvit, Calciumphosphate, schließlich die Harnsäure und ihre Verbindungen. Cystin und Xanthin wurden nicht beobachtet.

Überraschend wirkt das relativ häufige Auftreten von Brushit, Whitlockit und Newberyit, die von vielen Autoren für extrem selten gehalten werden. Tatsächlich treten diese Minerale meist nur in geringen Mengenteilen auf und lassen sich dann röntgenographisch nur schlecht erfassen.

Tabelle III: Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Steinminerale

Mineral	wurde gefunden in % der untersuchten Konkreme
Weddellit	53 %
Whewellit	52 %
Struvit	22 %
Newberyit	3 %
Harnsäure	10 %
Harnsäure-Dihydrat	2 %
Saures Ammonium-Urat	2 %
Apatit	8 %
Brushit	5 %
Whitlockit	2 %

Steinminerale mit ähnlicher chemischer Zusammensetzung und deshalb vermutlich analoger Entstehungsart können zu folgenden Substanzgruppen zusammengefaßt werden:

Calcium-Oxalate = Whewellit, Weddellit.

Calciumphosphate = Apatit, Brushit, Whitlockit.

Harnsäure = Harnsäure, Harnsäure-Dihydrat, Urate.

Struvit = Struvit, Newberyit.

Aufgrund dieser Einteilung ergeben sich für die Häufigkeit der einzelnen Steinarten die Angaben der Tabelle IV.

Hieraus ergibt sich wiederum, daß 71 % aller untersuchten Konkremeente aus nur einer Substanzgruppe bestanden, 28 % zwei Substanzgruppen aufwiesen und nur 1 % drei Substanzgruppen beinhalteten.

Tabelle IV: Häufigkeit der einzelnen Steinarten

Calciumoxalate-Steine:

Überwiegend Whewellit, weniger Weddellit:	35 %	
" Weddellit, weniger Whewellit:	17 %	
nur Weddellit:	1 %	53 %
nur Whewellit:	- %	

Struvit-Steine:

Struvit + Calciumoxalate:	13 %	
Struvit + Calciumphosphate:	2 %	
Struvit + Calciumphosphate + Calciumoxalate:	1 %	24 %
nur Struvit:	8 %	

Harnsäure-Steine:

Harnsäure + Calciumoxalate:	6 %	
Nur Harnsäure:	6 %	12 %

Calciumphosphat-Steine:

Calciumphosphate + Calciumoxalate:	7 %	
Nur Calciumphosphate:	4 %	11 %

3.6.3 Folgerungen für die Anwendung in Fachpraxis und wissenschaftlichen Reihenuntersuchungen

Aus den vorangegangenen Ausführungen ist klar ersichtlich, daß die kristalloptische Untersuchungsmethode zur Analyse von Konkrementen der ableitenden Harnwege allen anderen Analysenmethoden eindeutig überlegen ist. Dies gilt besonders in bezug auf die Empfindlichkeit (bis zu

1 Volumenprozent sind noch nachweisbar), den Materialbedarf, aber auch in bezug auf Investitionskosten und Zeitaufwand. Die meist nur röntgenographisch mögliche Unterscheidung zwischen Apatit und Whitlockit ist in der Praxis nicht relevant.

Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode sind allerdings eine gewisse Routine und einige Grundkenntnisse der Kristalloptik, die jedoch in einem kristalloptischen Mikroskopierkurs in jedem Mineralogisch-kristallographischen Institut erworben werden können.

In der täglichen Praxis ist es in erster Linie wichtig, die Steine der ableitenden Harnwege hinsichtlich ihrer prinzipiellen Zusammensetzung zu unterscheiden in Oxalat-, Struvit-, Apatit- und Harnsäure-Steine. Die einfache qualitative naßchemische Untersuchung, wie sie heute in der allgemeinen Praxis und vielfach noch in Kliniken angewandt wird, kann zu Fehlinterpretationen führen (vgl. SCHNEIDER 1970) und sollte daher durch eine vergleichsweise rationelle und zuverlässige Methode ersetzt werden. Hierfür ist nach den Erfahrungen der vorliegenden Arbeit die kristalloptische Methode in hervorragender Weise geeignet.

Unter den obengeschilderten Voraussetzungen ist es auch in jeder urologischen Fachpraxis möglich, genaue Steinanalysen durchzuführen.

4.0 Zusammenfassung

Es wird berichtet über die Analyse von 100 Konkrementen der ableitenden Harnwege nach drei Methoden:

1. Röntgenographische Analyse mit einem Zählrohrdiffraktometer.
2. Dünnschliffuntersuchung am Polarisationsmikroskop.
3. Kristalloptische Untersuchung von Körnerpräparaten.

Ein systematischer Vergleich dieser und anderer Methoden mit Dünnschliffbeobachtungen von Konkrementen der ableitenden Harnwege wurde bisher nicht publiziert.

Im theoretischen Teil wurden andere Analysenverfahren auf ihre Genauigkeit, Empfindlichkeit, den Materialaufwand und Investitionskosten einem kritischen Vergleich unterzogen.

Es konnte gezeigt werden, daß die kristalloptische Untersuchungsmethode allen anderen Analysenverfahren in qualitativer und quantitativer Hinsicht bei weitem überlegen ist und mit Einschränkung auch in der urologischen Fachpraxis Anwendung finden kann.

Dünnschliffuntersuchungen geben einen gewissen Einblick in die Morphologie und Ätiologie der Harnkonkremente. Sie sind aber relativ aufwendig und werden daher nur wissenschaftlichen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Die Röntgenuntersuchung der Konkremeente ist in bezug auf die Investitionskosten recht teuer, in der Empfindlichkeit der kristalloptischen Untersuchung unterlegen und sollte deshalb nur zur Kontrolle und in speziellen, in der Arbeit beschriebenen Situationen Anwendung finden.

Wissenschaftliche Reihenuntersuchungen sollten neben der kristalloptischen Untersuchung von Körnerpräparaten spe-

ziell die Dünnschliffmethode und die Röntgenmethode mit einbeziehen. Insbesondere sollte man versuchen, Serienschnitte von Steinen anzufertigen, um den Kern bzw. das Kristallisationszentrum zu erfassen und zu analysieren. Dies erscheint wichtig, da über die Ätiologie der Steinentstehung in den meisten Fällen noch weitgehend Unklarheiten bestehen.

Tabelle V: Untersuchungsergebnisse

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
1	NA ♂	5,374	Wh + Apatit	Wh, wenig Wd viel isotrop = Apatit	nestförmige Wh-Kristalle in isotroper Substanz
2	NA ♂	2,677	Wh + Wd?	Wh, wenig Wd	typische Wh-Kristalle lamellär gewachsen, am Rande einige Wd- Kristalle
3	N ♂	1,567	Struvit	Struvit	büschelförmige Struvitkristal- le mit org. Substanz umgeben, außen fraglich Wd
4	HL ♂	0,258	Wh + Wd	Wh, wenig Wd	um org. Kern rosettenförmiger Wh, einzelne Wd-Kristalle
5	HL ♂	0,132	Wh, wenig Wd	Wh, wenig Wd	perlmutterartige typische Wh- Kristalle, am Rande einzelne Wd-Kristalle
6	N ♂	0,327	Harnsäure	nur Harnsäure	von innen nach außen wachsend strahlenförmige Harnsäurekri- stalle mit 'Jahresringen'

Wh = Whewellit
Wd = Weddellit

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
7	N ♂	0,302	Wh	Wh, wenig Wd	rosettenförmige Wh-Kristalle, am Rande einige Wd-Kristalle
8	N ♂	0,598	Wd	Wd, wenig Wh	große einfarbige typische Wd-Kristalle
9	HL ♂	0,192	Wh + Harnsäuredihydrat	Wh, Harnsäuredihydrat, Wd	zentral Harnsäure, am Rande große Wd-Kristalle
10	N ♂	0,500	Wd + Wh	Wh + Wd	zentral quaderförmige Wh-Kristalle, am Rande einige große Wd-Kristalle
11	NA ♂	18,200	Struvit	Struvit	zentral nesterförmige Struvitkristalle, am Rande bandförmige Struvitkristalle in org. Substanz
12	N ♂	1,295	Wh	Wh, wenig Wd	teils band-, teils quaderförmige Wh-Kristalle, am Rande einige Wd-Kristalle
13	HL ♂	0,155	Wh + Wd	Wh + Wd	große Wh-Kristalle, außen Wd-Kristalle, dazwischen wenig org. Substanz
14	B ♂	2,036	Wh	Wh, wenig Wd	zentral nestförmige Wh-Kristalle von org. Substanz umgeben, außen 1 Wd-Kristall

Nr.	Stein- herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
15	B ♂	6,150	feinkörniges Ca-Phosphat?	Brushit, Wh + isotrope Subst. = Apatit	im Kern isotrope org. Substanz? im Wechsel nach außen mit bü- schelförmigen Kristallen, 1 Wh-Kristall
16	B ♂	46,600	Struvit + Apatit	Struvit + iso- trope Substanz = Apatit	fast reiner, sehr feinkörniger Struvit von isotroper Substanz zum Teil umgeben
17	B ♂	24,500	Struvit	Struvit, wenig Wd	Struvit im Wechsel mit org. Material, bandförmig
18	N ♂	0,586	Wh + Wd	Wh + Wd	zentral perlmutterartige Wh- Kristalle, am Rande große Wd-Kristalle
19	N ♂	0,278	Wh, Struvit? oder Newberyit? Wd?	Wh + Wd, wenig Newberyit	zentral Wh, außen Wd-Kristalle plus quaderförmige einfarbige Kristalle rot blau grün
20	N ♂	0,339	Wd + Wh	Wd + Wh	zentral perlmutterartiger Wh, am Rande z.T. große Wd- Kristalle
21	N ♂	0,145	Wh + Apatit?	Wh, Wd-Krist. + isotrope Subst. = Apatit	zentral leer, 1. Ring: sehr kleine Kristalle unbestimmt, Aggregatpolarisation, 2. Ring: Wd-Kristalle, außen fraglich Struvit

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
22	N ♂	1,339	Wh + ?	Wh + Wd	zentral org. Substanz + Wh-Kristalle, daneben Nester von Wh-Kristallen, außen Wd-Kristalle
23	NA ♂	6,000	feinkörniges Ca.-Phosphat, rü.-amorph (mittlere Korngröße = 58 Å)	Brushit + sehr feinkörnige Kristalle	neben größeren grau-braunen Kristallen nadelförmige Kristalle mit hoher Doppelbrechung
24	NA ♂	2,168	Wh + Struvit	Wh + Struvit	in org. Substanz kleine Wh-Kristalle, darum bandförmige Struvitkristalle
25	HL ♂	0,086	Wd, wenig Wh?	Wd + Wh	sehr große typische Wd-Kristalle mit aufgelagerten Wh-Kristallen
26	HL ♂	0,084	Wd + Wh?	Wd + Wh, wenig Newberyit	große graue Wd-Kristalle darin quadratische einfarbige rote und braune Kristalle, 1 Wh-Kristall
27	N ♂	0,177	Harnsäure	Harnsäure, wenig Wd	unregelmäßige Kristalle mit hoher Doppelbrechung und deutlichen 'Jahresringen'
28	N ♂	0,109	Struvit + Ca-Phosphat?	Struvit + isotrope Kristalle = Apatit	isotrope Substanz außen einige büschelförmige Kristalle

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
29	N ♂	1,152	Wh	Wh + Wd	zentral große Wh-Kristalle, außen sehr kleine Wh-Kristalle und einige Wd-Kristalle
30	N ♂	0,928	Wd + Wh	Wd + Wh	zentral radiäre Wh-Kristalle, am Rande große Wd-Kristalle
31	N ♂	1,115	Wh + Wd + Ca-Phosphat?	Wh, wenig Wd + isotrope Subst. = Apatit	zentral Wh-Kristalle, dann isotrope Substanz und am Rande große Wd-Kristalle
32	N ♂	0,811	Struvit + ?	Struvit, wenig Wd + Wn?	viel org. Substanz mit unregelmäßig eingelagerten büschelförmigen Kristallen
33	HL ♂	0,319	Struvit + Newberyit ?	Struvit + sehr wenig Newberyit + Wd, Wh	büschelförmige Kristalle in isotroper Substanz, ganz vereinzelt darin Kristalle von blauer Farbe
34	HL ♂	0,264	Wd + Wh	Wd + Wh	große typische Wd-Kristalle mit eingelagerten Wh-Kristallen
35	B ♂	1,036	Harnsäure	Harnsäure	zentral reine Uratkristalle, nach außen geschichtete org. Substanz und kleine Uratkristalle
36	HL ♂	0,150	Wh	Wh + Wd	perlmutterartige Wh-Kristalle zentral, ringförmig von org. Material umgeben, 1 Wd-Kristall.

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
37	HL ♂	0,081	Wd + Wh	Wd + Wh, sehr wenig Brushit	büschelförmige Kristalle mit eingelagertem Material wie Struvit von org. Material umgeben
38	HL ♂	0,162	Wh + Wd?	Wh + Wd	sehr feinkörnige von 'Jahresringen' unterbrochene Wh-Kristalle
39	N ♂	0,123	Apatit?	isotrop = Apatit	um rötlichen Kern sind kollagenähnliche isotrope Strukturen gelagert, kein Kristall
40	N ♂	0,315	Struvit	Struvit	typisch büschelförmige Struvitkristalle in wenig isotroper Substanz
41	NA ♂	11,660	Apatit	meist isotrope Kristalle = Apatit, wenig Wh	isotrope bandartige Strukturen grau bis schwarz, 1 Wh-Kristall
42	B ♂	4,581	Harnsäure	Harnsäure	zentral sehr kleine Kristalle, darum org. Substanzen, am Rande große Kristalle mit Aggregatpolarisation
43	B ♂	3,206	Struvit	Struvit	in org. Material vereinzelt Sphärolithe eingelagert
44	N ♂	0,701	Struvit	Struvit	in isotroper Substanz sind büschelförmige Kristalle mit niederer Doppelbrechung eingelagert

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
45	N ♂	0,581	Wd	Wd + sehr wenig Brushit	typische einfarbige Wd-Kristalle
46	N ♂	0,157	Wh	Wh, wenig Wd	Wh-Kristalle zentral von einigen Wd-Kristallen am Rande umgeben
47	HL ♂	0,146	Wh + Wd	Wh + Wd	zentral perlmutterartiger Wh, am Rande von org. Substanz umgeben
48	N ♂	0,224	Wh + Wd?	Wh + Wd	symmetrische ringförmige Wh-Kristalle, am Rande kleine Wd-Kristalle
49	N ♂	0,134	Wh	Wh, wenig Wd	fast reiner perlmutterartiger Wh-Stein mit sehr wenig org. Substanz eingelagert
50	N ♂	15,136	Harnsäure	sehr kleine Harnsäure-Kristalle	in viel org. Substanz unregelmäßig kleine Kristalle eingelagert, 1 Nest von großen Kristallen
51	N ♂	0,330	Wd + Wh	Wd + Wh	große typische Wd-Kristalle mit kleinen Auflagerungen von Wh-Kristallen
52	N ♂	1,210	Wd + Wh	Wd + Wh	große Wd-Kristalle mit quaderförmigen Wh-Kristallauflagerungen

Nr.	Steinherkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
53	N ♂	0,392	Wd, wenig Wh	Wd + Wh	Wd-Kristalle mit Wh-Kristallauflagerungen
54	HL ♂	0,525	Wh	Wh, wenig Wd	rosettenförmiger von ringförmigen Linien unterbrochener reiner Wh-Stein
55	N ♂	1,381	Struvit	Struvit, wenig Wh + isotrope Substanz	in viel isotroper organischer ? Substanz eingelagerte Struvitkristalle, am Rand kleine Wh-Kristalle
56	N ♂	2,791	Wh + Wd	Wh + Wd	zentral nesterförmige Wh-Kristalle, sehr klein, dazwischen und am Rand Wd-Kristalle
57	N ♂	0,338	Struvit	Struvit, sehr wenig Wh	in isotroper Substanz einzelne Sphärolithe und sehr kleine Kristalle eingelagert
58	N ♂	0,152	Struvit	Struvit	in isotroper Substanz typische nadelförmige Struvitkristalle eingelagert
59	N ♂	3 x 0,7	Struvit	Struvit	in isotroper Substanz ringförmig büschelartige Kristalle eingelagert
60	N ♂	0,131	Harnsäure	Harnsäure, sehr kleine Kristalle	zentral org. Substanz, bandförmig von Sphärolithen umgeben + Kristalle von hoher Doppelbrechung

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
61	N ♂	3,392	amorph	sehr kleine Kristalle = Brushit + isotrope Subst.	in org. Substanz struvitähnliche Kristalle, aber mit höherer Doppelbrechung
62	HL ♂	0,820	Wh + Wd?	Wh + Wd	homogene isotrope Substanz mit eingelagerten quaderförmigen Kristallen mit hoher Doppelbrechung
63	N ♂	3,664	Whitlockit	viel isotrope Körner, vereinzelt Wd	in isotroper Substanz wenige, einzeln gelagerte Kristalle mit Farben 1.-2. Ordnung
64	N ♂	1,520	Struvit	Struvit+ Wh	in brauner homogener Masse vereinzelt büschelförmige Kristalle eingelagert
65	HL ♂	0,068	Harnsäure	Harnsäure + Wh + Wd	zentral sehr kleine Uratkristalle, eingelagert Nester von Wh- und typischen Wd-Kristallen
66	HL ♂	0,143	Wh	Wh + Wd	teils kleine, teils große Wh-Kristalle, am Rande Wd-Kristalle
67	HL ♂	0,079	Struvit	Struvit	in isotrope teils quadratische Strukturen vereinzelt büschelförmige Kristalle gelagert

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
68	HL ♂	0,149	Wh	Wh + Wd	rosettenförmige Wh-Kristalle von org. Substanz umgeben, einzelne Wd-Kristalle
69	N ♂	0,212	Wh	Wh, sehr kleine Kristalle	in viel isotroper Substanz sehr kleine Kristalle mit hohen Ordnungsfarben eingelagert
70	N ♂	0,440	Wd + Wh + Struvit	Wd + Wh + Struvit	zentral nesterförmige kleine Wh-Kristalle, am Rande einzelne Wd-Kristalle
71	HL ♂	0,135	Wd + Wh	Wd + Wh	typische große Wd-Kristalle, kein Wh-Kristall auffindbar
72	HL ♂	0,149	Wh + Wd	Wh + Wd	nesterförmige Wh-Kristalle, am Rande einige Wd-Kristalle
73	N ♂	0,518	Wd + Wh	Wd + Wh	in org. Material eingelagerte Wd-Kristalle, am Rand nesterförmige Wh-Kristalle
74	HL ♂	1,586	Wh	Wh + Wd	nesterförmige Wh-Kristalle, am Rande wenige Wd-Kristalle
75	N ♂	0,228	Harnsäure	Harnsäure + Wh + Wd	zentral Harnsäure ringförmig von org. Material umgeben + feinkörnige Wh-Kristalle

Nr.	Steinherkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
76	HL ♂	0,189	Wd + Wh	Wd + Wh	große Wd-Kristalle mit Auflagerungen von Wh, 1 runder nestförmiger Haufen von Wh-Kristallen
77	N ♂	0,925	Harnsäure	Harnsäure + 1 Wh-Kristall	unregelmäßige kleine nicht geschichtete Kristalle in isotroper Masse
78	HL ♂	0,067	Wd + Wh	Wd + Wh	zentral isotrope Substanz, daneben große Wd-Kristalle mit Wh-Auflagerungen
79	N ♂	0,160	Struvit	Struvit, sehr wenig Wd	von viel isotropem Material eingeschlossene grau-braune büschelförmige Kristalle
80	HL ♂	0,118	Wd + Wh	Wd + Wh	typische Wd-Kristalle mit aufgelagerten quaderförmigen Wh-Kristallen
81	HL ♂	0,221	Wh	Wh, wenig Wd	mehrere konzentrische Nester von Wh-Kristallen von org. Material umgeben, darin kleine Wd-Kristalle
82	N ♂	0,497	Wd + Wh	Wd + Wh	zentral unregelmäßige kleine Wh-Kristalle von org. Material umgeben, wieder kleine Wh-Kristalle auf großen Wd-Kristallen

Nr.	Stein-herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt, mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
83	HL ♂	0,142	Wd + Wh	Wd + Wh	zentral isotrope organische ? Masse, darum rosettenförmige Wh-Kristalle, außen strahlenförmige Wd-Kristalle
84	HL ♂	0,115	Wd, wenig Wh	Wd, wenig Wh	reiner konzentrisch gewachsener Wd-Kristall
85	HL ♂	0,167	Wd + Wh ?	Wd + Wh + Harnsäure	große Wd-Kristalle mit aufgelagerten quadratischen Wh-Kristallen, am Rande kleine Kristalle mit hoher Doppelbrechung
86	HL ♂	0,273	Struvit	Struvit + Wh	büschelförmige Struvitkristalle mit schmalem org. Rand, darin kleine Kristalle mit hoher Doppelbrechung
87	N ♂	1,610	Struvit, Wd + Wh	Struvit, Wh + Wd	Zentrumhaufen von kugelig-stabförmigem Material, Bakterien?, dazwischen Streifen und Inseln von Struvit, am Rande Wd
88	HL ♂	0,125	Wd, Wh, Whitlockit	Wh, wenig Wd, vereinzelt Whitlockit	meist braune org. Masse ringförmig gelagert, dazwischen kleine Wh-Kristalle, z.T. zu klein, am Rande Wd-Kristalle
89	HL ♂	0,210	Wh	Wh, wenig Wd	rosettenförmige Wh-Kristalle umgeben von teils org. Material, teils leer, am Rande Wd

Nr.	Stein- herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
90	HL ♂	0,417	Wh + Wd	Wh + Wd	zum größten Teil braun-schwarze isotrope Masse mit wenigen Kri- stallen von grau-brauner Farbe
91	N ♂	1,252	Wh + Wd	Wh + Wd	zentral rosettenförmiger Wh-Kri- stall von nadelförmigen Kristal- len umgeben, am Rande einzelne Wd-Kristalle
92	HL ♂	0,340	Wd + Wh	Wd + Wh	zentral sehr kleine Wh-Kristal- le, darum größere Wh-Kristalle, außen Wd-Kristalle
93	HL ♂	0,064	Wd	Wd, wenig Wh	zentral große Wd-Kristalle mit aufgelagerten Wh-Kristallen, darum org. Masse, darum Wh, außen Wd-Kristalle
94	HL ♂	0,133	Wh + Wd	Wh + Wd	zentral grauschwarze isotrope Masse, darum Wh-Kristalle, dann Wd-Kristalle, außen Wh-Kristalle
95	HL ♂	0,038	Wh	Wh, wenig Wd	zentral gezackte leere Stelle nach außen fächerförmig ge- wachsene Wh-Kristalle, außen 1 fragl. Wd-Kristall
96	HL ♂	0,289	Wh + Wd	Wh + Wd	zentral Wh-Kristalle, darum ringförmige kleine Wd- + Wh- Kristalle

Nr.	Stein- herkunft	Gewicht in g	Rö.-Ergebnis	opt. mikros. Untersuchung	Dünnschliffuntersuchung
97	HL ♂	0,205	Struvit	Struvit + Wd	in amorpher Grundmasse eingebettet Nester von graubraunen Kristallen, am Rande 1-2 Wd-Kristalle
98	HL ♂	0,055	Harnsäure, Harnsäuredi- hydrat, Wd?	vereinzelt Wh + Wd, sonst zu kleine Krist.	zentral Wh-Kristalle, außen sehr kleinkristallin mit hoher Doppelbrechung
99	HL ♂	0,014	Wd + Wh?	Wd + Wh + Struvit ?	große Wd-Kristalle mit Auf- lagerungen von kleinen quadratischen Wh-Kristallen
100	B ♂	6,053	feinkörniges Ca-Phosphat (mittlere Korn- größe = 47 Å)	zu feinkörnig	grau-schwarze amorphe unstrukturierte Masse

Literaturverzeichnis

- BEISCHER, Dietrich E.: Analysis of renal calculi by
infrared spectroscopy
(J. Urology (1955) 73, Nr.4, 653-659)
- BERÉNYI, M., LIPTAY, G., BABIES, A., ERDEY, L.: Thermody-
namische Untersuchung von Nierensteinen
I. Steinkomponenten mit Purinstruktur
(Z. Urologie (1967) 60, H.6, 361-368)
- BERÉNYI, M., LIPTAY, G., BABIES, A.: Thermodynamische
Untersuchung von Nierensteinen
II. Kalzium- und magnesiumhaltige Steine
(Z. Urologie (1968) 61, H.4, 209-216)
- BOYCE, W.H., POOL, Ch.S., MESCHAN, I., KING Jr., S.St.:
Organic matrix of urinary calculi
(Acta Radiologica (1958) 50, 543-560)
- FRONDEL, Clifford, PRIEN, Edwin L.: Carbonate-apatite and
hydroxyl-apatite in urinary calculi
(Science (1942) 95, 431)
- GASSER, G.: Unser Arbeitsprogramm - Ergebnisse und Folge-
rungen
(Urol. int. (1958) 7, 48-49)
- JENSEN, A.T.: On concrements from the urinary tract
(Acta Chir. Scand. (1940) 84, 217)

- KEPPLER, U.: Zum Whitlockit-Problem
(N. Jb. Min., Mh. (1965) S. 172-176)
- KEYSER, L.: The etiology of urinary lithiasis, an
experimental study
(Arch. Surg. (1923) 6, 525-553)
- LAGERGREN, Curt: Biophysical investigation of urinary
calculi
An X-ray crystallographic and microradio-
graphic study
(Acta radiol., Stockholm (1956) Suppl.133,1)
- LONSDALE, Kathleen: Human stones
(Science (1968) 159, 1199-1207)
- LONSDALE, Kathleen, SUTOR, D.June, WOOLEY, Susan:
Composition of urinary calculi by X-ray
diffraction
Collected data from various localities
(Br. J. Urology (1968) 40, 33-36)
- MARSCEK, M., BUCHARDT, P.: Steinanalysen durch Kristalli-
sationsmethode
(Der Urologe (1971) 10, Ausg.A, H.4, 154-158)
- MAURER, C., MEIER, B.: Analyse und Beurteilung magnesium-
haltiger Harnkonkremente
(Der Urologe (1971) 10, Ausg.A, H.4, 158-161)
- NAKANO, H.: Beiträge zur Kenntnis der in den Harnsteinen
enthaltenen Substanzen
(J. Biochem., Tokyo (1922-23) 2, 437-441)

- ORD, W.M., SHATTOCK, S.G.: On the microscopic structure of urinary calculi of oxalate of lime
(Trans.Path.Soc., London (1895) 46, 91-132)
- OTTO, H., IHMANN, E.: IR (Infrarot)-spektrographische Untersuchungen von 700 Harnwegskonkrementen
(Frankfurt Z.Path. (1967) 77, 260-268)
- PRIEN, Edwin L.: The use of polarized light in the analysis of calculi and the study of crystals in tissue:
a preliminary report on the method employed
(J. Urology (1941) 45, 765-769)
- PRIEN, Edwin L., FRONDEL, Clifford: Studies in urolithiasis:
I. The composition of urinary calculi
(J. Urology (1947) 57, 949-993)
- PRIEN, Edwin L.: Studies in urolithiasis:
II. Relationships between pathogenesis, structure and composition of calculi
(J. Urology (1949) 61, Nr.5, 821-836)
- PRIEN, Edwin L.: Studies in urolithiasis
III. Physicochemical principles in stone formation and prevention
(J. Urology (1955) 73, Nr.4, 627-630)
- PRIEN, Edwin L.: Crystallographic analysis of urinary calculi: A 23-year survey study
(J. Urology (1963) 89, Nr.6, 917-924)

RANDALL, A.: IV. Analysis of urinary calculi through the use of the polarizing microscope
(J. Urology (1942) 48, 642-649)

RINGERTZ, Hans: Optical and crystallographic data of uric acid and its dihydrate
(Acta Cryst. (1965) 19, 286-287)

SAUPE, E.: Röntgendiagramme von menschlichen Körpergeweben und Konkrementen
(Fortschr. a.d. Gebiete d. Röntgenstrahlen (1931) 44, 204-311)

SCHNEIDER, H.-J.: Die anorganischen Bestandteile der Nierensteine und deren Einfluß auf die Steinart
(Der Urologe (1968) 7, H.6, 347-352)

SCHNEIDER, H.-J.: Die Gesetzmäßigkeiten des Aufbaus anorganischer Nierensteine
(Der Urologe (1969) 8, 180)

SCHNEIDER, H.-J.: Neue Gesichtspunkte der chemischen Harnsteinanalyse
(Der Urologe (1969) 8, 185)

SCHNEIDER, H.-J.: Die Untersuchung von Harnsteinen mit der Röntgenfeinstrukturanalyse nach Debye-Scherrer
(Der Urologe (1970) 9, H.4, 171-175)

- SORGER, G., BAUSCH, W.M.: Die kristalloptische Bestimmung von Harnwegskonkrementen
(Der Urologe (1971) 10, H.4, 151-154)
- SÜCKER, I.: Chemische Grundlagen der Nierensteinauflösung
(Der Urologe (1962) 1, H.4, 205-210)
- SUTOR, D. June: Difficulties in the identification of components of mixed urinary calculi using the X-ray powder method
(Brit. J. Urology (1968) 40, 29-32)
- SUTOR, D. June, SCHEIDT, Sibylla: Identification standards for human urinary calculus components, using crystallographic methods
(Brit. J. Urology (1968) 40, 22-28)
- SZABO, E.: Über die mikroskopische Analyse von Nierensteinen
(Z. Urologie (1967) 60, 473-486)
- YEAN-CHIN TSAY: Application of infrared spectroscopy to analysis of urinary calculi
(J. Urology (1961) 86, Nr.6, 838-854)

Herrn Professor Dr. W. B r o s i g , Urologische Klinik des Klinikums Steglitz der Freien Universität Berlin, danke ich für sein förderndes Interesse an der vorliegenden Arbeit.

Die experimentellen Untersuchungen wurden im Institut für Mineralogie, Fachbereich Chemie der Freien Universität Berlin, durchgeführt. Für die Bereitstellung von Arbeitsplatz, Geräten und Verbrauchsmaterial sowie für wertvolle Ratschläge und Diskussionen danke ich Herrn Professor Dr. W. F r a n k

Herrn Dr. R. B a l l h o r n , z.Z. Denver, Colorado, bin ich für die Einarbeitung in die kristalloptische Arbeitsmethode zu besonderem Dank verpflichtet. Die numerische Auswertung eines Teils der Röntgenspektren übernahm freundlicherweise Frau B. J e l i n s k i .

Für die Unterstützung bei der Bereitstellung des Untersuchungsmaterials bin ich Herrn Chefarzt Dr. R. B e r n d t vom Städtischen Krankenhaus Neukölln, Urologische Abteilung, und den Assistenten dieser Abteilung sehr verbunden.

Lebenslauf

Siegfried Wagner, geboren am 13. November 1933 in Brandenburg (Havel). Vater: Heinz Wagner, Dekorateur; Mutter: Erna Wagner geborene Lindemann, Verkäuferin.

Von 1939 - 1953 Absolvent der Grund- und Oberschule in Brandenburg (Havel) mit Abschluß der Reifeprüfung. Übersiedelung 1954 nach Westberlin.

1955 Ergänzungsprüfung in Westberlin für das Abitur in der DDR. Vom Wintersemester 1955/56 bis zum Sommersemester 1961 Studium an der humanmedizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin mit Staatsexamen am 12.4.1962 in Berlin.

Medizinalassistentenzeit: 5 Monate Chirurgie im St. Josef-Krankenhaus in Moers/Niederrhein. 4 Monate Gynäkologie und anschließend 9 Monate chirurgisch-urologische Tätigkeit im Paul Gerhardt-Stift in Berlin. 6 Monate internistische Tätigkeit am St. Johannes-Stift in Homburg/Niederrhein.

Am 30.5.1964 Approbation durch den Senator für Gesundheitswesen in Berlin.

Von 1964 bis 1967 auf der chirurgischen Abteilung des Königswarter Krankenhauses in Berlin tätig.

Von 1967 bis 1971 Fachausbildung auf der urologischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses Neukölln. Facharztanerkennung für die Urologie am 29.6.1971. Seit dem 1.7.1971 als niedergelassener Arzt tätig.

